



BS

① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑨ EP 0 689 063 B 1

⑩ DE 695 25 106 T 2

⑤ Int. Cl. 7:  
G 01 T 1/29  
H 01 J 37/244  
G 01 T 1/28

- ② Deutsches Aktenzeichen: 695 25 106.6  
⑤ Europäisches Aktenzeichen: 95 109 468.9  
⑥ Europäischer Anmeldetag: 19. 6. 1995  
⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 27. 12. 1995  
⑧ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 23. 1. 2002  
④ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 10. 10. 2002

DE 695 25 106 T 2

- ③ Unionspriorität:  
262285 20. 06. 1994 US  
⑦ Patentinhaber:  
Applied Materials Israel Ltd., Nes Ziona, IL  
⑦ Vertreter:  
derzeit kein Vertreter bestellt  
⑧ Benannte Vertragsstaaten:  
DE, FR, GB, NL

- ⑦ Erfinder:  
Litman, Alon, 74073 Nes Ziona, IL; Goldenstein,  
Alexander, 58492 Holon, IL; Rogers, Steven R.,  
76880 D.N. Emek Sorek, IL

- ⑤ Elektron-Detektor mit grosser Akzeptanz für rückgestreute Elektronen für einen Teilchenstrahl-Apparat

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 695 25 106 T 2

## Gebiet und Hintergrund der Erfindung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf eine Teilchenstrahl-Vorrichtung und im speziellen auf Elektronen-Vervielfacher-Detektoren mit einer hohen Akzeptanz für Rückstreuelektronen.

Teilchenstrahl-Vorrichtungen, wie Rasterelektronenmikroskope, Elektronenstrahl-Lithografie-Geräte, Ionenstrahl-Lithografie-Geräte und Ähnliches werden in einem weiten Bereich von Anwendungen benutzt. Im Prinzip scannen Teilchenstrahl-Vorrichtungen die Oberfläche eines Spezimen mit einem energetischen Teilchenstrahl. Die Einwirkung des Teilchenstrahl auf die Fläche der Spezimen bewirkt eine Freisetzung von Elektronen. In Übereinstimmung mit der akzeptierten Nomenklatur werden Elektronen, die mit einer Energie über 50 eV freigesetzt werden, als rückgestreute Elektronen (BSEs) bezeichnet, während Elektronen, die mit einer Energie von unter 50 eV freigesetzt werden, als Sekundärelektronen (SEs) bezeichnet werden. Für einen Teilchenstrahl mit ungefähr 1000 eV, sind die freigesetzten Elektronen typischerweise gleichmäßig zwischen BSEs und SEs aufgeteilt. Wie in der folgenden Beschreibung und den Ansprüchen verwendet, bezeichnet der Ausdruck "Rückstreu-Akzeptanz" die gesamte Detektions-Effizienz von rückgestreuten Elektronen, die an einem Detektor ankommen (oder von ihm "akzeptiert" werden). Der Ausdruck "räumliche Detektions-Effizienz", wie er nachstehend in der Beschreibung verwendet wird, betrifft den geometrischen Bereich eines Detektor, der Elektronen detektiert. In einem Mikrokanalplatten-Detektor, ist die Detektorenoberfläche mit Löchern überdeckt. Die Löcher sind der aktive Bereich. Typischerweise bilden die Löcher nur 60% des Bereiches, während die übrigen 40% (der Bereich zwischen den Löchern) inaktiv sind.

Es ist bekannt, das Rückstreuelektronen Information über den Materialkontrast enthalten, während Sekundärelektronen topografische Informationen enthalten.

Bestimmte Anwednungen eines Teilchenstrahl-Apparats, die eine hohen Akzeptanz für Rückstreuelektronen benötigen, umfassen die Inspektionen von VLSI-Einheiten, bei denen die Böden von tiefen Rinnen und Kontaktlöchern in Halbleitermaterialien und ähnlichem betrachtet werden.

Frühe Implementierungen von Elektronendetektoren zum Detektieren rückgestreuter Elektronen sind in dem Buch mit dem Titel "Image Formation in Low Voltage Scanning Electron Microscopy" von L. Reimer in SPIE Optical Engineering Press, Bellingham,

Washington, USA, 1993, Seiten 31-40 beschrieben. Allgemein gesagt, enthalten die Elektronen-Detektoren eine Konversionsplatte, die die BSEs absorbieren und SEs emittieren, die wiederum durch einen Everhart-Thornley Szintillations-Detektor detektiert werden. Diese Elektronen-Detektoren sind durch eine limitierte BSE-Akzeptanz beschränkt, da die Szintillatoren typischerweise auf einem Potential von 5 bis 10 kV gehalten werden, was es notwendig macht, dass die Detektoren weit von dem Teilchenstrahl entfernt positioniert sind, um große Strahlablenkungen und Aberrationen zu vermeiden.

Spätere Implementierungen von Elektronen-Detektoren zum Detektieren rückgestreuter Elektronen von einem Spezimen verwenden Elektronen-Detektoren, die als Mikrokanalplatten-Elektronen-Vervielfacher oder als Festkörper-Elektronen-Vervielfacher gestaltet sind. Eine Vorrichtung mit einem solchen Elektronen-Detektor ist in dem US Pat. Nr. 4,933,552 von Lee mit dem Titel "Inspection System Utilizing Retarding Field Backscattered Electron Collision" offenbart. Hier wird ein Teilchenstrahl gebündelt und durch eine geladene Platte und einen ringförmigen Detektor auf ein Spezimen gerichtet, das bezüglich der Platte und des Detektors auf einer negativen Spannung gehalten wird. Die negativen Spannung ist so gewählt, dass der einfallende Strahl auf das Spezimen mit einer Übergangsenergie trifft, so dass eine minimale Spezimeaufladung stattfindet. Die negativen Spannung bewirkt auch eine räumliche Trennung zwischen SEs und den BSEs, die eine große transversale Geschwindigkeitskomponente in der Ebene des Detektors haben.

Man beachte, dass bei der Übergangsenergie die Zahl der Elektronen, die von den Spezimen gestreut werden, gleich der Zahl der Elektronen vom Primärstrahl ist, die in das Spezimen eindringen.

Diese Anordnung hat zwei hauptsächliche Nachteile. Erstens hat der Detektor eine geringe Akzeptanz für BSEs mit kleinen transversale Geschwindigkeitskomponenten, was im Falle eines Teilchenstrahls, der unter senkrechtem Einfall auf ein Spezimen gerichtet ist, ein substanzieller Teil des gesamten BSE-Ertrags sein kann. In der Tat hat in diesem Fall die transversale Geschwindigkeitsverteilung der BSEs, die von dem Spezimen emittiert werden, ihren Höchstwert bei einer transversalen Geschwindigkeit von null. Und zweitens ist es in der Praxis schwierig, stark isolierende Spezimen auf einem gleichförmigen negativen Potential zu halten, während sie mit einem Strahl geladener Teilchen gescannt werden.

Andere Implementierungen, die Mikrokanalplatten- oder Festkörper-Elektronen-Vervielfacher verwenden, sind in einem Artikel mit dem Titel "Low-profile high efficiency microchannel plate detector system for scanning electron microscopy application" von Michael T. Postek und William J. Keery in Reviews of Scientific Instruments, Vol. 91, No. 6, June, 1990, Seiten 1648-1657 beschrieben. Hier passiert der Teilchenstrahl auf seinem Weg zu dem Spezimen durch eine Abschirmungsröhre für den Strahl, um eine Abweichung oder eine Aberration zu verhindern. Daher ist der Fokus des Strahls direkt unter der Abschirmungsröhre für den Strahl. Bei der Benutzung als BSE Detektor wird die Oberfläche des Elektronen-Vervielfachers auf einem Potential von -50 V oder weniger in Bezug zu dem typischerweise geerdeten Spezimen gehalten.

Diese Implementierung ist aus einer Zahl von Gründen auch durch niedrige BSE Akzeptanz beschränkt. Erstens detektiert der Elektronen-Vervielfacher nur BSEs, die eine Energie größer als sein eigenes Potential haben. Zweitens werden viele der BSEs, die im folgenden als Typ A BSEs bezeichnet werden, nicht detektiert, weil sie zwischen den aktiven Kanälen des Elektronen-Vervielfachers auftreten. Letztlich wird eine kleine Zahl der BSEs, die im folgenden als Typ B BSEs bezeichnet wird, ebenfalls nicht detektiert, weil sie auf der Abschirmungsröhre für den Strahl auftreten.

Diese nicht detektierten BSEs bewirken eine erhebliche Verminderung der Bildqualität, die durch den Elektronen-Detektor erzeugt wird, da sie einen bedeutsamen Prozentsatz der gesamten Ausbeute von BSEs ausmachen. Wie in dem Artikel mit dem Titel "Areal detection efficiency of channel electron multipliert arrays" von J.A. Panitz und J.A. Foesch in Rev. Sci Instrum VOL 47, No. 1, January 1976 beschrieben, ist die räumliche Detektions-Effizienz eines Mikrokanalplatten-Elektronen-Vervielfachers typischerweise nur ungefähr 60%. Somit machen Typ A BSEs ungefähr 40% der gesamten BSE Ausbeute aus. Typ B BSEs sind gewöhnlicher Weise weniger häufig, machen aber einen großen Teil der BSEs in Anwendungen aus, bei denen die Elektronen-Emission des Spezimen stark entlang der Teilchenstrahl-Achse kollimiert ist.

US 3,896,308 betrifft einen Detektor für Elektronenmikroskope. Im Wesentlichen besteht er aus einer Kanalplatte, die zwischen zwei Elektroden, zwischen denen ein Potential angelegt werden kann, eingebettet ist. Er enthält weiterhin ein Gitter aus leitendem Material, um die Feldverteilung in der Region des Spezimen zu kontrollieren. Eine oder mehrere Detektorelektroden sind auf der Kanalplatte montiert, um Elektronen zu empfangen, die durch die Kanalplatte transmittiert werden.

Dokument US-A-4 958 079 offenbart einen Elektronen-Detektor, der eine Mikrokanalplatte enthält, die eine Eintrittsfläche besitzt, zu welcher die Rückstreuelektronen beschleunigt werden. Ein Gitter ist zwischen der Mikrokanalplatte und einem Spezimen angeordnet. In einer Ausführungsform ist das Gitter auf einem negativen Potential bezüglich des Spezimen und auch bezüglich der Eintrittsfläche der Mikrokanalplatte.

Es gibt daher Bedarf für einen Elektronendetektor, der eine hohe Akzeptanz für Rückstreuelektronen besitzt, ohne durch die obengenannten Unzulänglichkeiten beschränkt zu sein.

### Zusammenfassung der Erfindung

Die hauptsächliche Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Elektronen-Detektor mit einer hohen Akzeptanz für Rückstreuelektronen zur Verfügung zu stellen.

Daher wird gemäß der Lehre der vorliegenden Erfindung ein Elektronen-Detektor bereitgestellt, der eine hohe Rückstreuelektronen-Akzeptanz für rückgestreute Elektronen hat, die von einem Spezimen emittiert werden; der Elektronen-Detektor enthält: (a) einen Elektronen-Vervielfacher mit einer Eintrittsfläche zum Sammeln von rückgestreuten Elektronen mit hoher Energie, die Eintrittsfläche gibt Typ A Sekundärelektronen beim Aufprall von Typ A Rückstreuelektronen darauf ab, die Typ A Sekundärelektronen haben sich von der Eintrittsfläche entfernende Flugbahnen; (b) eine erste Elektrode, die zwischen dem Elektronen-Vervielfacher und dem Spezimen angeordnet ist, wobei die erste Elektrode bezüglich des Spezimen auf einem negativen Potential gehalten wird, um so ein erstes elektrisches Feld zu erzeugen, um Sekundärelektronen niedriger Energie, die vom Spezimen emittiert werden, vom Erreichen des Elektronen-Vervielfachers abzuhalten, und dabei den Durchgang von von dem Spezimen emittierten Rückstreuelektronen mit hoher Energie in Richtung des Elektronen-Vervielfachers zu ermöglichen; und (c) einer zweiten Elektrode, die zwischen dem Elektronen-Vervielfacher und der ersten Elektrode angeordnet ist, wobei die zweite Elektrode bezüglich der Eintrittsfläche auf einem negativen Potential gehalten wird und von der Eintrittsfläche einen solchen Abstand hat, dass ein zweites elektrisches Feld erzeugt wird, um im Wesentlichen die Flugbahnen der Typ A Sekundärelektronen so in Richtung der Eintrittsfläche umzudrehen, dass die Eintrittsfläche die Typ A Sekundärelektronen sammelt.



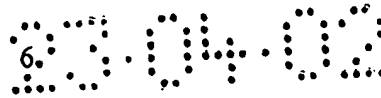
Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die erste Elektrode und die zweite Elektrode zu einer einfachen Elektrode kombiniert, die zwischen dem Elektronen-Vervielfacher und dem Spezimen angeordnet ist, wobei die Elektrode bezüglich der Eintrittsfläche und des Spezimen auf einem negativen Potential gehalten wird, und die Elektrode ein erstes elektrisches Feld erzeugt, um von dem Spezimen emittierte Sekundärelektronen mit niedriger Energie vom Erreichen des Elektronen-Vervielfachers abzuhalten und dabei den Durchgang von von dem Spezimen in Richtung des Elektronen-Vervielfachers emittierten Rückstreuelektronen mit hoher Energie zu ermöglichen; die Elektrode hat einen so gewählten Abstand von der Eintrittsfläche, dass ein zweites elektrisches Feld erzeugt wird, um im Wesentlichen die Flugbahnen der Typ A Sekundärelektronen in Richtung der Eintrittsfläche umzukehren, so dass die Eintrittsfläche die Typ A Sekundärelektronen sammelt.

Gemäß einem bevorzugten Merkmal der vorliegenden Erfindung ist die erste Elektrode ringförmig und hat eine Apertur, die so gewählt ist, dass Rückstreuelektronen diese unter einem festgelegten Raumwinkel zum Aufprall auf den Elektronen-Vervielfacher passieren.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Merkmal der vorliegenden Erfindung ist die zweite Elektrode ringförmig und hat eine Apertur, die so gewählt ist, dass Rückstreuelektronen diese unter einem festgelegten Raumwinkel zum Aufprall auf den Elektronen-Vervielfacher passieren.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Merkmal der vorliegenden Erfindung enthält der Elektronen-Detektor weiterhin eine dritte Elektrode, die zwischen der zweiten Elektrode und dem Spezimen angebracht ist, wobei die dritte Elektrode ein Potential hat, so dass sie als ein Faraday-Käfig für den Elektronen-Detektor wirkt.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Merkmal der vorliegenden Erfindung enthält der Elektronen-Detektor weiter eine Strahl-Abschirmungsröhre zum dadurch Passieren des Teilchenstrahls, wobei die Strahl-Abschirmungsröhre Typ B Sekundärelektronen beim Aufprall von Typ B Rückstreuelektronen darauf abgibt und die Typ B Sekundärelektronen sich von der Strahl-Abschirmungsröhre entfernende Flugbahnen haben und wobei das zweite elektrische Feld die Flugbahnen der Typ B Sekundärelektronen im Wesentlichen in Richtung der Eintrittsfläche umdreht, so dass die Eintrittsfläche die Typ B Sekundärelektronen sammelt.



Gemäß einem weiteren bevorzugten Merkmal der vorliegenden Erfindung hat die Strahl-Abschirmungsröhre ein abgeschrägtes Ende.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Merkmal der vorliegenden Erfindung, ist die Strahl-Abschirmungsröhre aus einem Material hergestellt, das einen Sekundärelektronen-Emissionskoeffizient größer eins hat.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Merkmal der vorliegenden Erfindung gibt es ein Teilchenstrahl-Apparat mit einem Elektronen-Detektor zum Detektieren rückgestreuter Elektronen, die von einem Spezimen emittiert sind, wie in Anspruch 1 beansprucht.

### Kurze Beschreibungen der Zeichnungen

Die Erfindung wird hierbei nur exemplarisch, anhand der beiliegenden Zeichnungen beschrieben, wobei

Fig. 1 ist eine schematische Ansicht einer ersten Ausführungsform eines Elektronen-Detektors mit einer hohen Akzeptanz für rückgestreute Elektronen, der außerhalb der optischen Säule einer Teilchenstrahl-Vorrichtung eingesetzt wird;

Fig. 2 illustriert die Inversion der Flugbahnen von Sekundärelektronen, die durch Typ A BSEs bei deren Aufprall auf der Eintrittsfläche des Elektronen-Vervielfachers produziert werden, in Richtung der Eintrittsfläche des Elektronen-Vervielfachers durch ein elektrisches Feld, das im Elektronen-Detektor herrscht;

Fig. 3 illustriert die Inversion der Flugbahnen von Sekundärelektronen, die durch Typ B BSEs bei deren Aufprall auf der Strahl-Abschirmungsröhre des Elektronen-Detektors produziert werden, in Richtung der Eintrittsfläche des Elektronen-Vervielfachers durch ein elektrisches Feld, das im Elektronen-Detektor herrscht;

Fig. 4 illustriert kennzeichnende elektrische Potential-Felder, die gemäß der Lehre der vorliegenden Erfindung in dem Elektronen-Detektor von Figur 1 herrschen.

Fig. 5 ist eine schematische Ansicht einer zweiten Ausführungsform eines Elektronen-Detektors mit einer hohen Akzeptanz für rückgestreute Elektronen, der außerhalb der optischen Säule einer Teilchenstrahl-Vorrichtung eingesetzt wird;

Fig. 6 illustriert kennzeichnende elektrische Potential-Felder, die gemäß der Lehre der vorliegenden Erfindung in dem Elektronen-Detektor von Fig. 5 herrschen;

Fig. 7 ist eine schematische Ansicht des Elektronen-Detektors mit einer dritten Elektrode zum Abschirmen eines Spezimen von dem elektrischen Feld, das durch die erste Elektrode des Elektronen-Detektors generiert wird; und

Fig. 8 ist eine schematische Ansicht eines Elektronen-Detektors, der innerhalb der optischen Säule einer Teilchenstrahl-Vorrichtung eingesetzt wird.

Beschreibungen der bevorzugten Ausführungsformen

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Elektronen-Detektor mit einer hohen Akzeptanz für Rückstreuelektronen.

Die Prinzipien und die Bedienung des erfindungsgemäßen Elektronen-Detektors kann unter Bezugnahme auf die Zeichnungen und die begleitenden Beschreibungen besser verstanden werden.

Nun Bezug nehmend auf die Zeichnungen: Figur 1 zeigt eine erste Ausführungsform eines Elektronen-Detektors, allgemein mit 100 bezeichnet, aufgebaut und zu bedienen gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung mit einer hohen Akzeptanz für Rückstreuelektronen, bezeichnet als BSE, die von einem Spezimen 102 durch den Prozess eines Teilchenstrahls PB, der von einer Teilchenstrahl-Vorrichtung 104 zur Verfügung gestellt wird, emittiert werden. In der gezeigten Konfiguration ist der Elektronen-Detektor 100 außerhalb der Teilchenstrahl-Vorrichtung 104 angebracht, während in einer in Figur 8 gezeigten alternativen Konfiguration der Elektronen-Detektor 100 innerhalb der optischen Säule von Teilchenstrahl-Vorrichtung 104 angebracht ist.

Im Prinzip stellt die Teilchenstrahl-Vorrichtung 104 einen Teilchenstrahl PB zur Verfügung, der typischerweise Energien größer als 200 eV zur Evaluierung einer Oberfläche SS eines Spezimen 102 hat. Der Teilchenstrahl PB prallt auf der Fläche SS des Spezimen 102 auf und verursacht, dass davon Elektronen freigesetzt werden. Die freigesetzten Elektronen haben Energien, die von Null bis zu der kinetischen Energie des PB reichen. In Übereinstimmung mit akzeptierter Nomenklatur werden freigesetzte Elektronen, die Energien über 50 eV haben, als rückgestreute Elektronen (BSEs) bezeichnet, während Elektronen, die mit einer Energie von 50 eV oder weniger freigesetzt werden, als Sekundärelektronen (SEs) bezeichnet werden.

Der Elektronen-Detektor 100 enthält einen im Allgemeinen ringförmigen Elektronen-Vervielfacher 106, der eine Eintrittsfläche 108 zum Einfangen rückgestreute Elektronen hat, und eine Strahl-Abschirmungsröhre 110, die den Elektronen-Vervielfacher 106 durchläuft und sich vor die Eintrittsfläche 108 erstreckt, um eine Abweichung des Teilchenstrahls PB auf seinem Weg zu Spezimen 102 von der Teilchenstrahl-Vorrichtung 104 zu verhindern. Elektronen-Vervielfacher 106 kann als ein Mikrokanal-





Elektronen-Vervielfacher, ein Festkörper-Elektronen-Vervielfacher und ähnlichem hergestellt sein.

Es ist ein Merkmal der vorliegenden Erfindung, dass der Elektronen-Detektor 100 einen Energie-Filter zum Abbremsen von von dem Spezimen 102 emittierten Elektronen benötigt, so dass nur Elektronen über einem bestimmten Schwellwert, oder in anderen Worten die rückgestreuten Elektronen den Elektronen-Vervielfacher 106 erreichen. Das wird am besten erreicht, in dem eine im allgemeinen ringförmige Elektrode 112 zur Verfügung gestellt wird, die bezüglich des Spezimen 102 auf einem negativen Potential gehalten wird, so dass die Potentialdifferenz -50 Volt oder weniger zwischen der Mitte ihrer Apertur 114 und dem Spezimen 102 ist.

Darüber hinaus, in Übereinstimmung mit der Motivation für den Elektronen-Detektor 100, detektiert Elektronen-Detektor 100 nicht nur die Rückstreuelektronen, die durch die Eintrittsfläche 108 des Elektronen-Vervielfachers 106 und direkt bei deren Aufprall darauf eingefangen werden, sondern auch die rückgestreuten Elektronen, die nicht direkt eingefangen werden. Diese rückgestreuten Elektronen fallen in zwei Kategorien, wie folgt: erstens, die rückgestreuten Elektronen, die auf dem inaktiven Teil der Eintrittsfläche 108 des Elektronen-Vervielfachers 106 aufprallen, im folgenden als Typ A BSEs bezeichnet. Und zweitens, die Rückstreuelektronen, die auf der Strahl-Abschirmungsröhre 110 aufprallen, im folgenden als Typ B BSEs bezeichnet.

In der Praxis wird dies durch Elektronen-Detektor 100 erreicht, der die als SE-A bezeichneten Sekundärelektronen mit niedriger Energie detektiert, die freigesetzt werden, wenn Typ A BSEs auf der Eintrittsfläche 108 aufprallen, und der die als SE-B bezeichneten Sekundärelektronen mit niedriger Energie detektiert, die freigesetzt werden, wenn Typ B BSEs auf die Strahl-Abschirmungsröhre 110 aufprallen. Es kann leicht eingesehen werden, dass beide, die SE-As und die SE-Bs, sich von der Eintrittsfläche 108 entfernende Flugbahnen haben, und daher das Einfangen durch die Eintrittsfläche 108 nur durch ein elektrisches Feld erreicht werden kann, dass die Flugbahnen in Richtung der Eintrittsfläche 108, wie es in Figuren 2 und 3 jeweils gezeigt ist, im Wesentlichen umgedreht werden.

Solch ein elektrisches Feld wird am besten durch eine im allgemeinen ringförmige Elektrode 116 mit einer Apertur 118, die zwischen der Eintrittsfläche 108 und Elektrode 112 angebracht ist, zur Verfügung gestellt, während die Potentiale, die zur Generierung des elektrischen Felds förderlich sind, die Folgenden sind: Erstens ist es für Eintrittsfläche 108 des Elektronen-Vervielfachers 106 notwendig, bezüglich der



Elektrode 116 auf ein positives Potential aufgeladen zu sein. Zweitens ist die Eintrittsfläche 108 des Elektronen-Vervielfachers 106 bezüglich der Strahl-Abschirmungsröhre 110 bevorzugt auf ein positives Potential geladen. Und drittens ist die Strahl-Abschirmungsröhre 110 bevorzugt auf im Wesentlichen demselben Potential wie die Elektrode 116 oder bezüglich der Elektrode 116 auf einem positivem Potential geladen. Es soll erwähnt sein, dass die Eintrittsfläche 108 des Elektronen-Vervielfachers 106 bezüglich des Spezimen 102 auf einem positivem Potential liegen kann, im Wesentlichen dasselbe Potential wie Spezimen 102 haben kann oder auf einem negativen Potential bezüglich des Spezimen 102 liegen kann, je nach Abhängigkeit von der bestimmten Applikationen.

Nun Figur 4 zuwendend; aus Gründen der Darstellung sind die elektrischen Felder, die in dem Elektronen-Detektor 100 herrschen, die zum einen das Abbremsen der Sekundärelektronen, die vom Spezimen 102 emittiert sind, erreichen, und zum anderen die Umkehrung der Flugbahnen der SE-As und der SE-Bs erreichen, für die folgenden repräsentativen Spannungen gezeigt: Elektrode 112 auf einer Spannung von -110 V, Eintrittsfläche 108 des Elektronen-Vervielfachers 106 auf einer Spannung von +150 Volt und Oberfläche SS des Spezimen 102, Strahl-Abschirmungsröhre 110 und Elektrode 116 auf einer Spannung von 0 Volt. Es kann leicht nachvollzogen werden von denen die in dem Fach bewandert sind, dass ein weiter Bereich von Spannungen und Spannungsunterschieden gleich gut verwendet werden kann, um die benötigten elektrischen Felder, wie oben beschrieben, zu erzielen.

Es ist ein weiteres Merkmal der vorliegenden Erfindung, dass entweder Elektrode 112 oder Elektrode 116 als einen räumlicher Filter verwendet werden kann, indem die Durchmesser deren Aperturen 114 oder 116 respektive so gewählt werden, dass rückgestreute Elektronen nur unter einem festgelegten Raumwinkel dadurch passieren können, um den Elektronen-Vervielfacher 106 zu erreichen. Die Flugbahnen der BSEs haben übrigens typischerweise Energie von mehreren einhundert Elektronen Volt und werden beinahe nicht abgelenkt, wenn sie durch die Elektroden 112 und 116 passieren.

Es ist noch ein weiteres Merkmal der vorliegenden Erfindung, dass die Wahrscheinlichkeit Typ B BSEs zu detektieren durch ein geeignetes Design der Strahl-Abschirmungsröhre 110 signifikant erhöht wird. Speziell wird die Emission von Sekundärelektronen beim Aufprall von Typ B BSEs auf die Strahl-Abschirmungsröhre 110 erhöht, indem ihr Ende abgeschrägt wird, was bewirkt, dass das Maximum der Lambert'schen Winkelverteilung der Sekundärelektronen in Richtung des Elektronen-Vervielfachers 106 tendiert. Außerdem kann die Strahl-Abschirmungsröhre 110 aus

einem Material gefertigt werden, das einen Sekundärelektronen-Emissionskoeffizient größer als eins hat. Solche Materialien sind weit gehend in Verbindung mit Photomultiplier-Geräten untersucht worden und sind detailliert indem Artikel namens "Secondary Electron Emission" von Kenneth G. McKay in L.Martin (ed), Advances in Electronics, vol. Academic Press Inc. New York, NY 1948, Seiten 65-130 beschrieben; der Artikel ist durch Referenz einbezogen, als ob er hierin voll dargelegt wäre.

Nun Figuren 5 und 6 zuwendend; die Figuren zeigen eine zweite Ausführungsform des Elektronen-Detektors, allgemeinen als 120 bezeichnet, aufgebaut und zu bedienen gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung, und mit einer hohen Akzeptanz für rückgestreute Elektronen. Der Elektronen-Detektor 120 ist ähnlich in Aufbau und Bedienung zu dem Elektronen-Detektor 100; daher sind ähnliche Elemente analog nummeriert. Der hauptsächliche Unterschied zwischen dem Elektronen-Detektor 120 und dem Elektronendetektor 100 ist der, dass Elektronen Detektor 120 eine einfache Elektrode 122 verwendet, um die Elektroden 112 und 116 zu ersetzen.

Aus Gründen der Darstellung sind die elektrischen Felder, die in dem Elektronen-Detektor 120 herrschen, die zum einen das Abbremsen der Sekundärelektronen, die vom Spezimen 102 emittiert sind, erreichen, und zum anderen das im Wesentlichen Umkehren der Flugbahnen der SE-As und SE-Bs erreichen, für die folgenden repräsentativen Spannungen gezeigt: Elektrode 122 auf einer Spannung von -150 Volt, Eintrittsfläche 108 des Elektronen-Vervielfachers 106 auf einer Spannung von +150 Volt, und Oberfläche SS des Spezimen 102 und die Strahl-Abschirmung Röhre 110 auf einer Spannung von 0 Volt. Wie zuvor kann es leicht nachvollzogen werden von denen die in dem Fach bewandert sind, dass ein weiter Bereich von Spannungen und Spannungsunterschieden gleich gut verwendet werden kann, um die benötigten elektrischen Felder, wie oben beschrieben, zu erzielen.

In bestimmten Applikationen muss besonders darauf geachtet werden, das Spezimen davon abzuhalten, von dem elektrischen Feld in Elektronen-Detektor 100 beeinflusst zu werden, wo solch ein elektrisches Feld schädlichen Einfluss auf Spezimen 102 oder auf das Funktionieren von anderen Detektoren in der Teilchenstrahl-Vorrichtung haben kann. Eine Abschirmung des Spezimen 102 kann, wie in Figur 7 gezeigt, erreicht werden, indem eine Elektrode 124 zur Verfügung gestellt wird, die typischerweise auf nahezu demselben Potential wie Spezimen 102 gehalten wird, wobei sie als ein Faraday-Käfig wirkt, um das elektrische Feld in dem Elektronen-Detektor 100 zu begrenzen.

93.04.02

Wie zuvor beschrieben zeigt Figur 8 eine zweite Konfiguration in der der Elektronen-Detektor 100 innerhalb der optischen Säule der Teilchenstrahl-Vorrichtung 102 eingesetzt ist. In diesem Fall sind die Potentiale der Elemente von den Elektronen-Detektor 100 relativ zu dem gemeinsamen Potential der optischen Säule anzulegen. Der hauptsächliche Unterschied zwischen dieser Konfiguration und der in Figur 1 gezeigten Konfiguration ist, dass die elektromagnetischen Linsen EL die Sekundärelektronen, die vom Spezimen 102 in Richtung des Elektronen-Detektor 100 freigesetzt werden, beschleunigen, indem sie deren kinetische Energie um mehrere tausend Elektronen Volt erhöhen, so dass sie sich bis zu der Zeit, zu der sie den Elektronen-Detektor 100 erreichen, wie rückgestreute Elektronen verhalten. Daher stellt diese Konfiguration des Elektronen-Detektors 100 hohe Akzeptanz beider, BSEs und SEs, zur Verfügung.

Während die Erfindung unter Bezugnahme auf eine limitierte Anzahl von Ausführungsformen beschrieben wurde, ist es offensichtlich das viele Variationen, Modifikationen und andere Anwendungen der Erfindung im Rahmen des Umfanges der hinzugefügte Ansprüche durchgeführt werden können. An den Stellen, an denen technische Merkmale in irgend einem Anspruch gefolgt von Bezugszeichen erwähnt sind, wurden diese Bezugszeichen aus dem einzigen Zweck, die Verständlichkeit der Ansprüche zu erhöhen, eingefügt, und folglich haben solche Bezugszeichen keinerlei limitierenden Effekt auf den Umfang jeglichen Elements, das exemplarisch durch ein solches Bezugszeichen gekennzeichnet ist.

## Ansprüche

1. Ein Elektronen-Detektor (100) mit einer hohen Akzeptanz für Rückstreuelektronen, die von einer Probe (102) emittiert werden, mit  
5  
einem Elektronen-Vervielfacher (106) mit einer Eintrittsfläche (108), um Rückstreuelektronen mit hoher Energie zu sammeln, wobei die Eintrittsfläche (108) bei Aufprall von Rückstreuelektronen darauf Sekundärelektronen abgibt und die Sekundärelektronen Flugbahnen fort von der Eintrittsfläche haben;  
10  
einer ersten Elektrode (112) angeordnet zwischen dem Elektronen-Vervielfacher (106) und der Probe (102), wobei die erste Elektrode (112) auf einem negativen Potential bezüglich der Probe (102) liegt, um ein erstes elektrisches Feld zu erzeugen, das von der Probe emittierte Sekundärelektronen mit niedriger Energie vom Erreichen des  
15  
Elektronen-Vervielfachers (106) abhält und dabei den Durchgang von von der Probe (102) emittierten Rückstreuelektronen mit hoher Energie in Richtung des Elektronen-Vervielfacher (106) ermöglicht;  
gekennzeichnet, durch  
20  
eine zweite Elektrode (116) angeordnet zwischen dem Elektronen-Vervielfacher (106) und der ersten Elektrode (112), wobei die Elektrode (116) auf einem negativen Potential bezüglich der Eintrittsfläche (108) liegt und von der Eintrittsfläche (108) einen solchen Abstand hat, daß ein zweites elektrisches Feld erzeugt wird, um im  
25  
Wesentlichen die Flugbahnen der Sekundärelektronen in Richtung der Eintrittsfläche (108) umzudrehen, so daß die Eintrittsfläche (108) die Sekundärelektronen sammelt.
2. Der Elektronen-Detektor (100) nach Anspruch 1, wobei die erste Elektrode (112) ringförmig ist und eine Apertur (114) hat, die so gewählt ist, daß Rückstreuelektronen diese  
30  
unter einem festgelegten Raumwinkel zum Aufprall auf dem Elektronen-Vervielfacher (106) passieren.
3. Der Elektronen-Detektor (100) nach Anspruch 1, wobei die zweite Elektrode (116) ringförmig ist und eine Apertur (118) hat, die so gewählt ist, daß Rückstreuelektronen diese  
35  
unter einem festgelegten Raumwinkel zum Aufprall auf dem Elektronen-Vervielfacher (106) passieren.

4. Ein Elektronen-Detektor (100) mit einer hohen Akzeptanz für Rückstreuerelektronen, die von einer Probe (102) emittiert werden, mit
  - 5 (a) einem Elektronen-Vervielfacher (106) mit einer Eintrittsfläche (108), um Rückstreuerelektronen mit hoher Energie zu sammeln, wobei die Eintrittsfläche (108) bei Aufprall von Rückstreuerelektronen darauf Sekundärelektronen abgibt und die Sekundärelektronen Flugbahnen fort von der Eintrittsfläche haben;
  - 10 (b) einer Elektrode (122) angeordnet zwischen dem Elektronen-Vervielfacher (106) und der Probe (102), wobei die Elektrode (122) bezüglich der Eintrittsfläche (108) und der Probe (102) auf einem negativen Potential liegt, die Elektrode (122) ein erstes elektrisches Feld erzeugt, das von der Probe emittierte Sekundärelektronen mit niedriger Energie vom Erreichen des Elektronen-Vervielfachers (106) abhält und dabei  
15 den Durchgang von von der Probe (102) emittierten Rückstreuerelektronen mit hoher Energie in Richtung des Elektronen-Vervielfacher (106) ermöglicht;  
  
gekennzeichnet, durch
    - 20 die Elektrode (122) einen Abstand von der Eintrittsfläche (108) hat, der so gewählt ist, daß ein zweites elektrisches Feld erzeugt wird, um im Wesentlichen die Flugbahnen der Sekundärelektronen in Richtung der Eintrittsfläche (108) umzudrehen, so daß die Eintrittsfläche (108) die Sekundärelektronen sammelt.
    - 25 5. Der Elektronen-Detektor (100) nach Anspruch 4, wobei die Elektrode (122) ringförmig ist und eine Apertur hat, die so gewählt ist, daß Rückstreuerelektronen diese unter einem festgelegten Raumwinkel zum Aufprall auf dem Elektronen-Vervielfacher (106) passieren.
    - 30 6. Der Elektronen-Detektor (100) nach Anspruch 1, mit einer dritten Elektrode (124) angeordnet zwischen der zweite Elektrode (116) und der Probe (102), wobei die dritten Elektrode (124) ein solches Potential hat, daß sie als Faraday-Käfig für den Elektronen-Detektor (106) wirkt.
    - 35 7. Der Elektronen-Detektor (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, mit einer Strahl-Abschirmungs-Röhre (110) durch die der Teilchenstrahl in Richtung der Probe (102) passiert, wobei die Strahl-Abschirmungs-Röhre (110) beim Aufprall von

Rückstreuelektronen darauf Sekundärelektronen abgibt, die Flugbahnen fort von der Strahl-Abschrimungs-Röhre (110) haben, wobei das zweites elektrische Feld im Wesentlichen die Flugbahnen der Sekundärelektronen in Richtung der Eintrittsfläche (108) umdreht, so daß die Eintrittsfläche (108) die von der Strahl-Abschrimungs-Röhre (110) abgegebenen Sekundärelektronen sammelt.

- 5 8. Der Elektronen-Detektor (100) nach Anspruch 7, wobei die Strahl-Abschrimungs-Röhre (110) ein abgeschrägtes Ende hat.
- 10 9. Der Elektronen-Detektor (100) nach einem der Ansprüche 7 oder 8, wobei die Strahl-Abschrimungs-Röhre (110) aus einem Material gefertigt ist, das einen Sekundärelektronen-Emissionskoeffizient größer eins hat.
- 15 10. Ein Teilchenstrahl-Apparat mit einem Elektronen-Detektor (100) zur Detektion von Rückstreuelektronen, die von einer Probe (102) emittiert werden, gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9.

2004-02-17

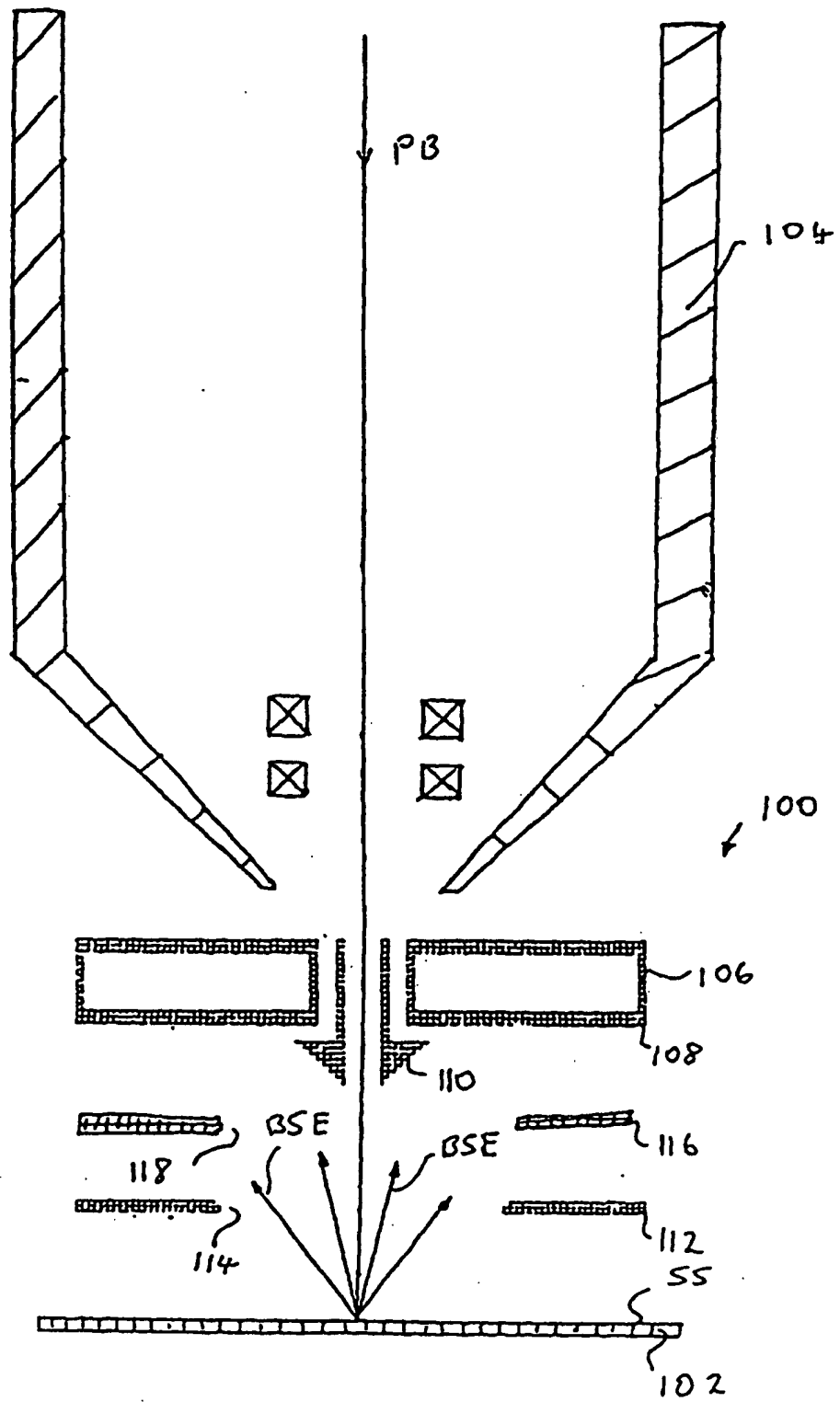
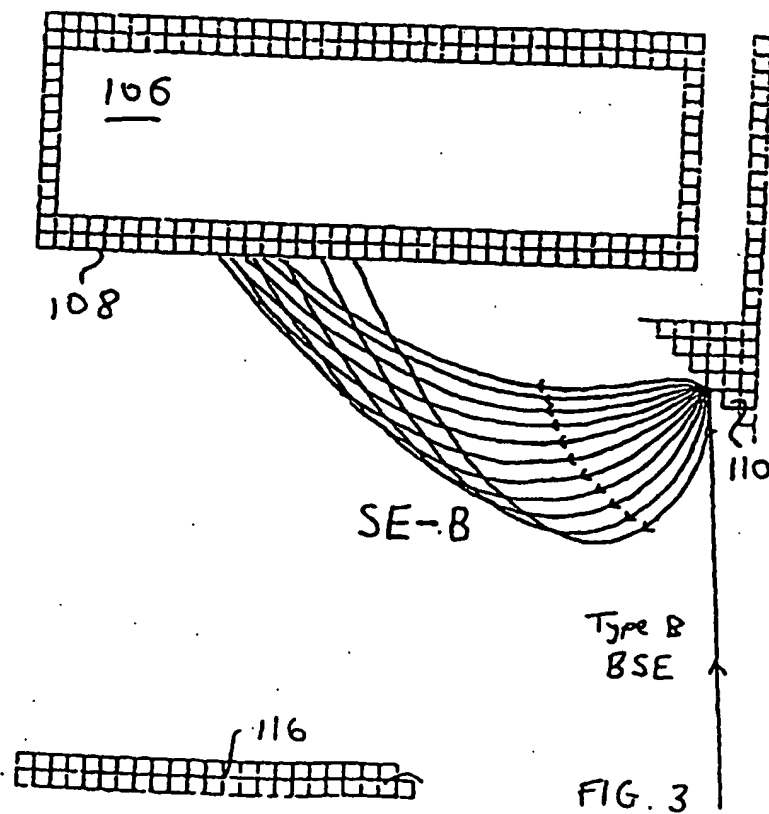
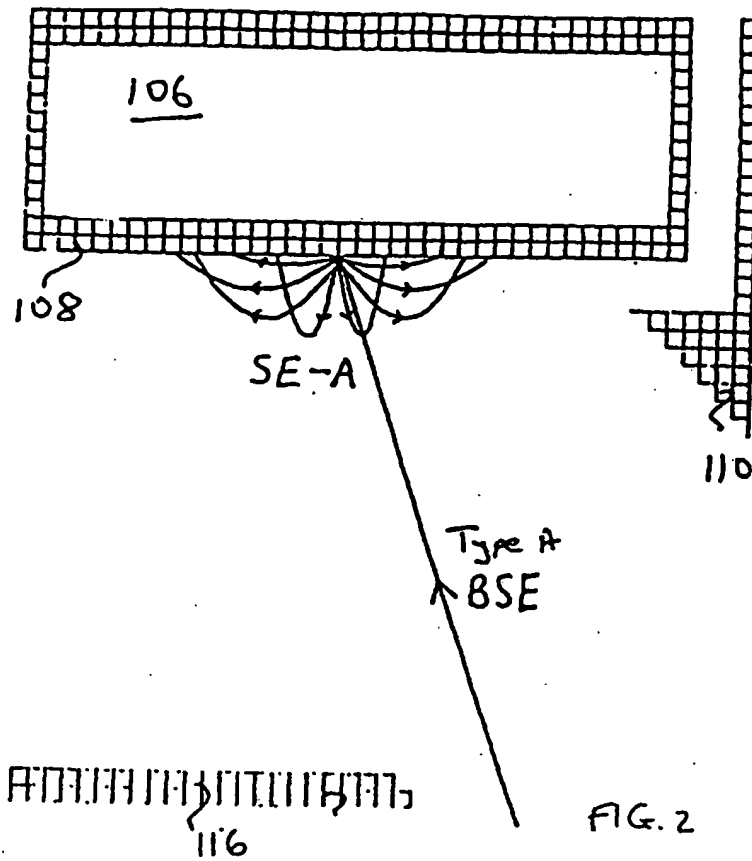


FIG. 1





23 04 02

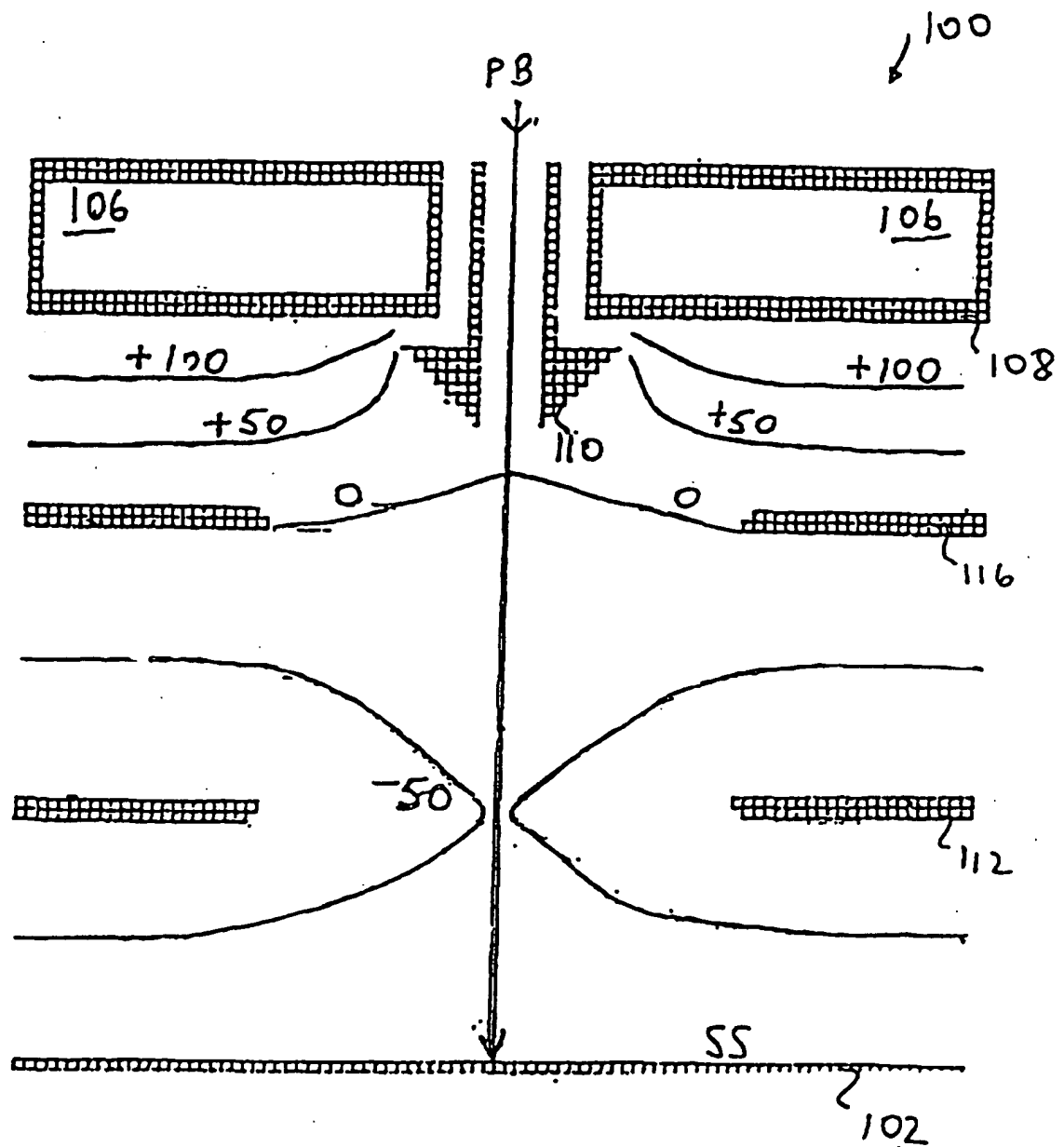


FIG. 4

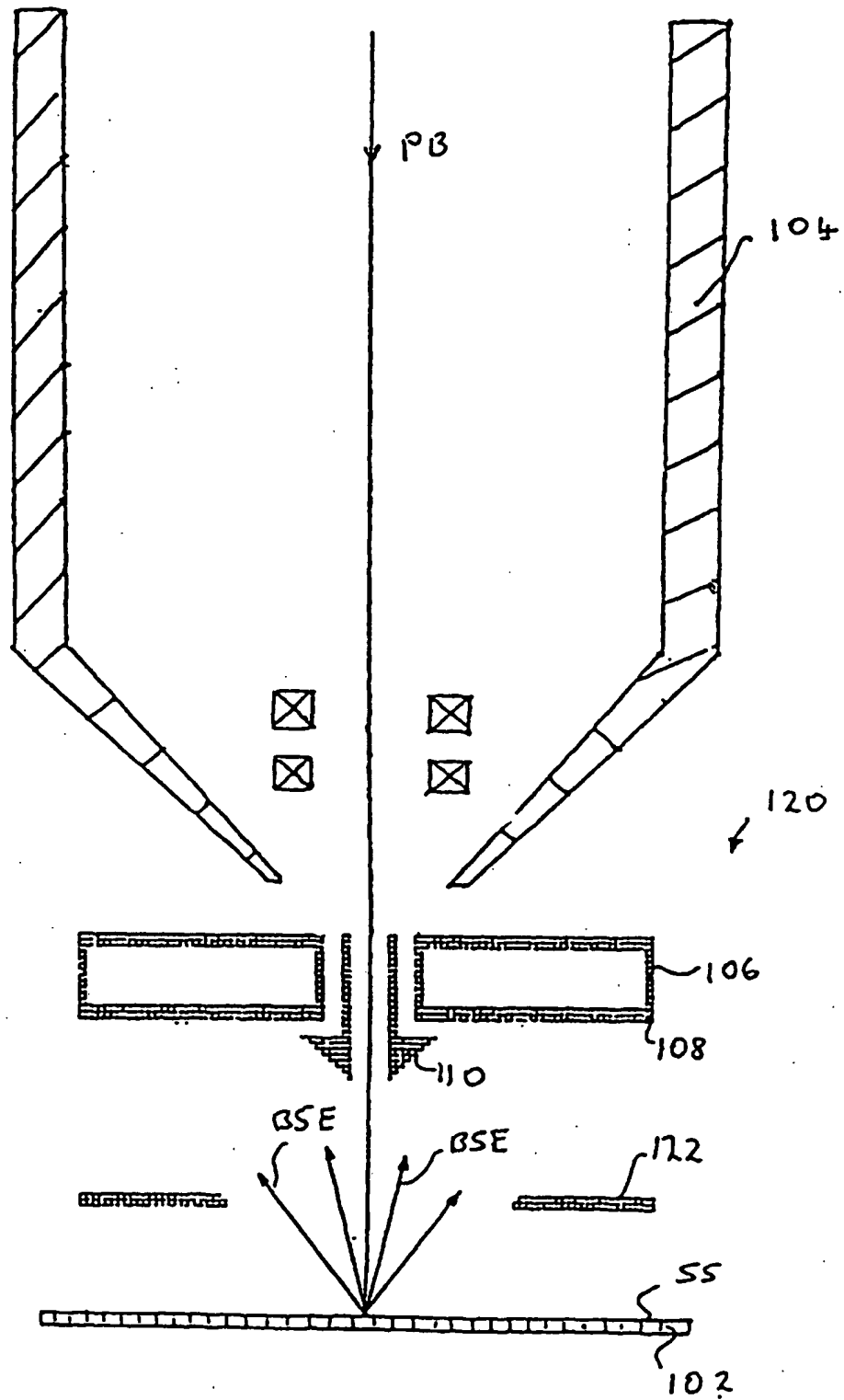


FIG. 5

23 04 02

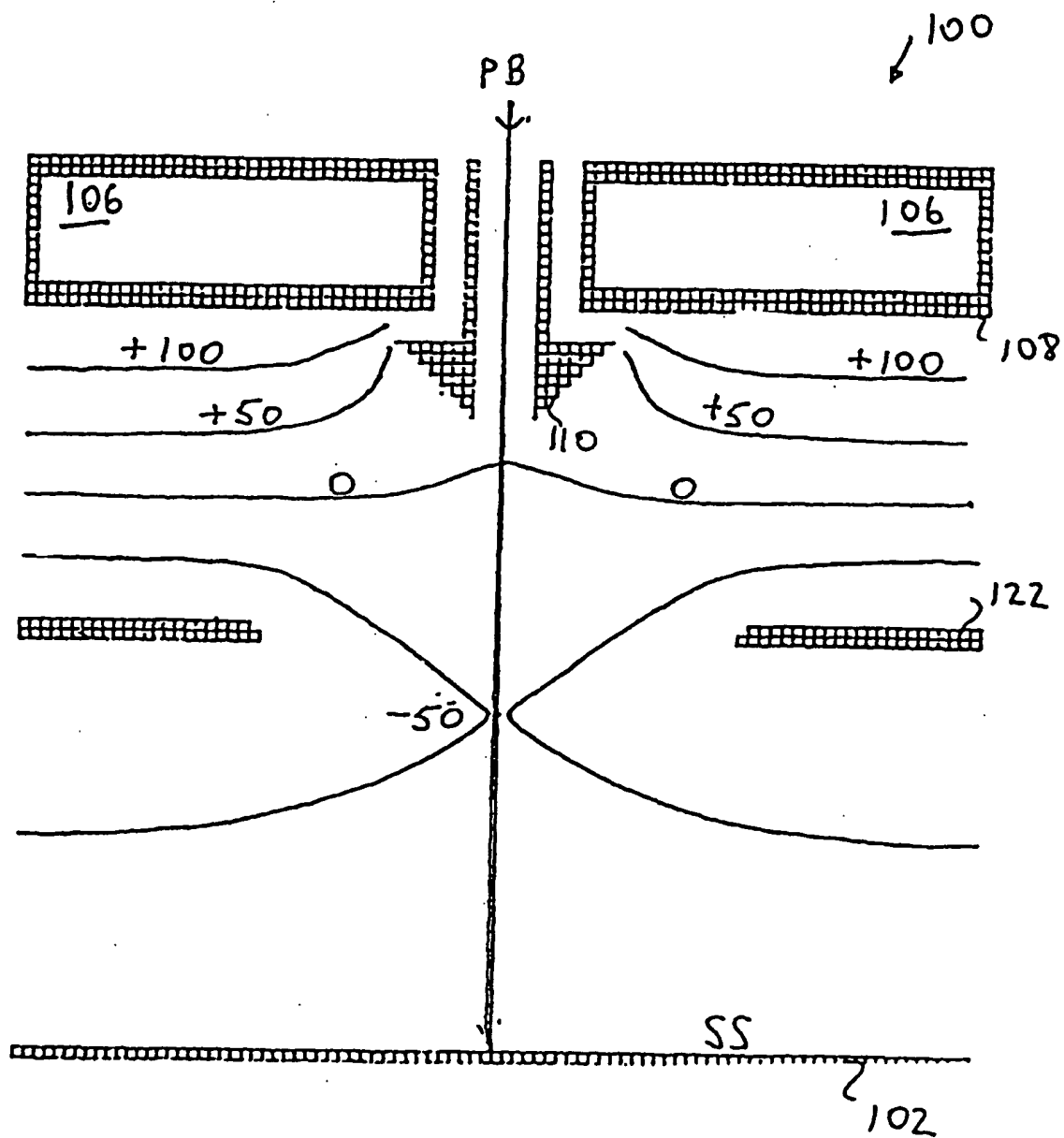


FIG. 6

2004-02-23 647

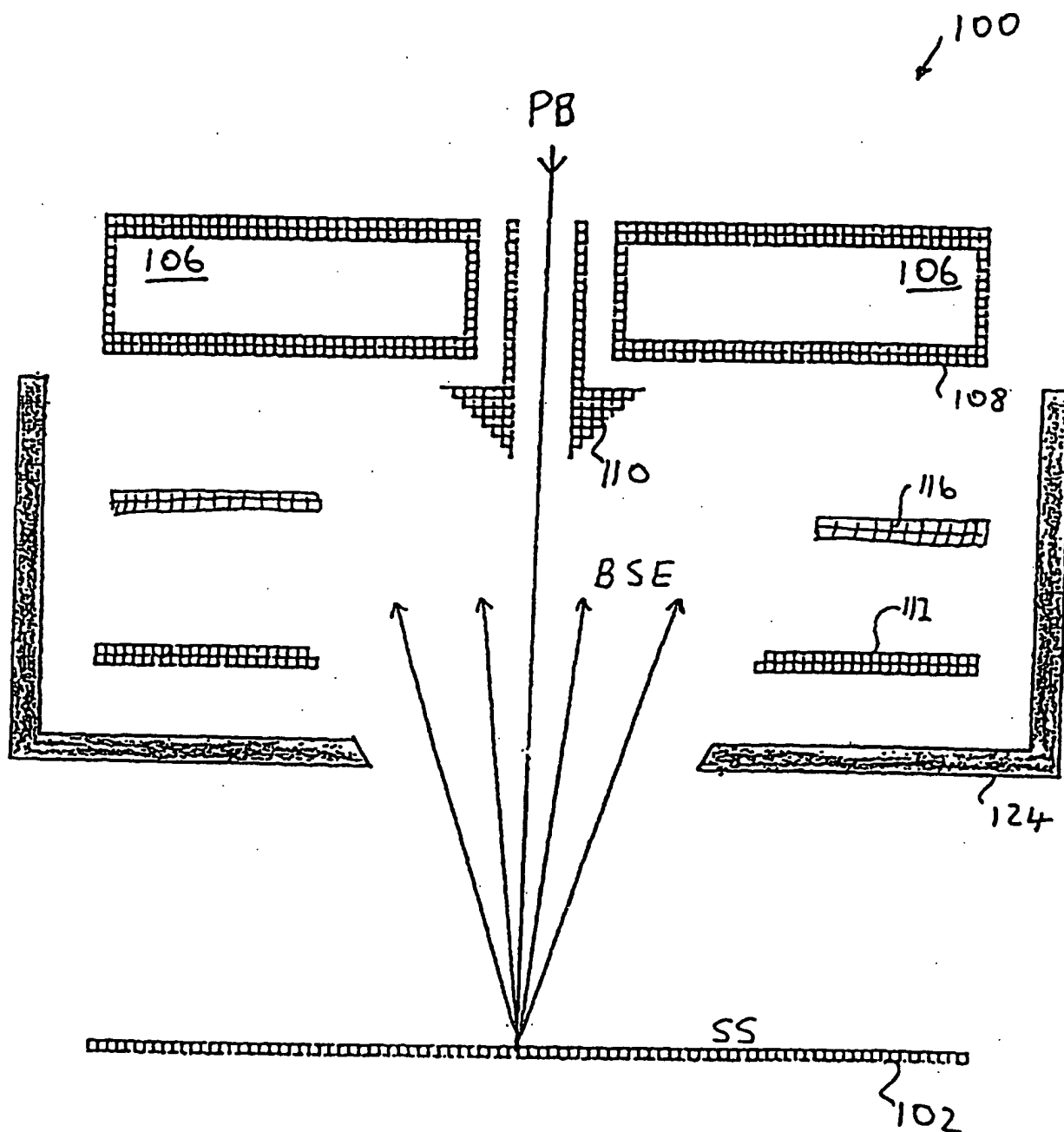


FIG. 7

2004-02

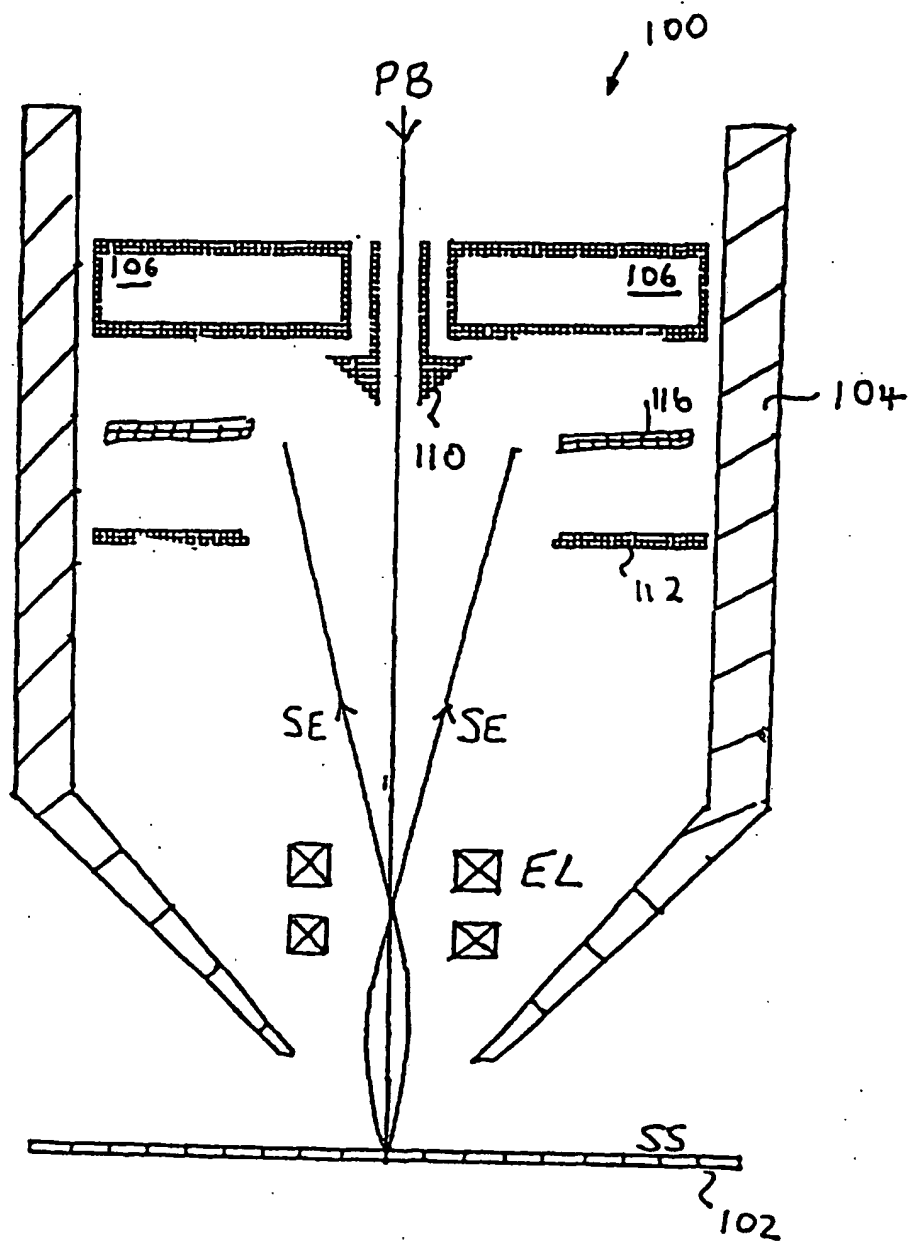


FIG. 8